

# COVID-19에 따른 비대면 수업이 청소년의 건강관련체력 및 균형감각에 미치는 영향

이광진 PhD<sup>1</sup>, 서경원 PhD<sup>2</sup>, 안근옥 PhD<sup>3</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 체육교육과, <sup>2</sup>충청북도 제천교육지원청, <sup>3</sup>한국교통대학교 스포츠학부 스포츠의학전공

## Effects of the Non-Face-To-Face Learning on Health-Related Physical Fitness and Balance in Adolescents According to COVID-19

Kwang-Jin Lee PhD<sup>1</sup>, Kyong-Won Seo PhD<sup>2</sup>, Keun-Ok An PhD<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, Chungbuk National University, Cheongju; <sup>2</sup>Department of Chungcheongbukdo Jecheon office of Education, Jecheon; <sup>3</sup>Sports Medicine Major, Division of Sports, Korea National University of Transportation, Chungju, Korea

**PURPOSE:** This study aimed to examine the effects of non-face-to-face learning on health-related physical fitness and balance in adolescents according to the coronavirus disease 2019 (COVID-19).

**METHODS:** Twenty-nine middle-school students (14 girls and 15 boys) were enrolled. We measured the students' health-related physical fitness (body composition, muscle strength, muscle endurance, flexibility, and cardiac endurance) and balance (static and dynamic) before and after 12 weeks of non-face-to-face learning without any exercise intervention. Cardiac endurance was measured using the Harvard step test.

**RESULTS:** Body fat, muscle strength (hip flexion, hip extension, knee flexion, knee extension), and Y-balance test exhibited significant differences before and after non-face-to-face learning ( $p < .05$ ). Body fat, muscle strength (hip flexion, hip extension), and Y-Balance test exhibited significant differences in the female group ( $p < .05$ ). Hip extension muscle strength exhibited a significant difference in the male group ( $p < .05$ ). Analysis of covariance showed that muscle strength (hip extension and knee extension) and Harvard step of the female group were significantly decreased compared to the male group ( $p < .05$ ).

**CONCLUSIONS:** Non-face-to-face classes according to COVID-19 had a negative effect on health-related physical fitness and balance in adolescents. Particularly, the muscle strength and cardiac endurance of female adolescents were lower than those of male adolescents.

**Key words:** COVID-19, Non-face to face learning, Health-related physical fitness, Balance, Adolescents

## 서론

코로나바이러스감염증-19 (COVID-19)는 2019년 12월 처음으로 발생되었으며, 감염된 사람들은 발열, 마른기침 및 피로감 등의 증상을

보이고 심각한 경우 호흡곤란과 가슴통증을 동반하여 사망까지 이르게 한다[1]. COVID-19의 대유행을 예방하기 위해 세계 많은 나라는 국가 간 인적 교류 및 여행을 전면 금지하였으며, 지역 간 이동제한을 포함한 외부로의 외출을 제한하기 시작하였다. 이동금지와 제한 명령은

**Corresponding author:** Keun-Ok An **Tel** +82-43-841-5995 **Fax** +82-43-841-5990 **E-mail** koan@ut.ac.kr

\*2021년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음.

**Keywords** 코로나바이러스감염증-19, 비대면 수업, 건강관련체력, 균형감각, 청소년

**Received** 30 Jan 2021 **Revised** 12 May 2021 **Accepted** 26 May 2021

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

전염병을 감소하는데 효과가 있었지만 경제와 정치적 혼란 및 노동 형태 변화 등 사회적 전반에 다양한 혼란을 가중시켰다. 또한 전 세계적으로 약 15억의 어린이들과 청소년들이 학교 폐쇄로 인해 등교하지 못하고 있으며, 후속 조치로 대면수업에서 비대면 수업(원격학습)으로 전환되고 있다[2].

한국은 2020년 1월에 첫 환자가 확인되었으며, 2021년 3월 29일 기준 총 102,141명이 확진되었고 1,726명의 사망자가 발생되었다[3]. 교육부는 2020년 2월 COVID-19의 확진자 수의 급격한 증가세를 고려하여 초·중·고등학교의 개학을 연기하였으며, 개학 연기 이후에도 상황이 호전되지 않아 학교 폐쇄와 비대면 수업을 공식화하였다[4]. 사회적 거리두기와 개인위생 및 방역강화 등 사회행동적응(socio-behavioral adaptations)을 위한 학교 폐쇄와 수업 방식의 변화는 청소년들의 생활방식에 영향을 미치고 있으며, 좌업생활, 수면패턴 및 사회활동에 참여할 기회 감소 등 청소년들의 일상생활을 변하게 만들었다[5]. 특히 대면 수업은 청소년들의 신체 움직임을 유발하여 신체활동 및 체력에 긍정적인 영향을 미칠 수 있지만, 비대면 수업은 교수자와 학생들의 공간을 분리시키고 활동량 감소에 영향을 주기 때문에 대면 수업의 교육적 혜택을 제공하지 못할 가능성이 높으며, 청소년들의 좌업생활 증가와 신체활동 및 체력의 감소가 빠르게 진전될 것이다[6].

청소년기의 체력은 정신적, 신체적 건강에 장·단기적으로 영향을 미치며[8], 성인기 후반에 나타나는 다양한 건강이상 징후들과 밀접한 관련성이 있기 때문에 미래의 건강상태를 예측하는 지표로 사용될 수 있다[9]. 게다가 건강과 관련된 모든 인간의 행동은 청소년기에 발달되고 형성되기 때문에 학교와 지역사회를 중심으로 청소년들의 신체활동과 적절한 운동 양을 보장할 필요가 있다[10]. 청소년들의 교육 환경을 고려할 때 강도 높은 신체활동은 학교 정규 체육수업과 학교스포츠클럽활동을 중심으로 이루어지고 있으며[11,12], 청소년들의 스포츠 참여에 대한 제고와 내실화를 강조하기 위해 체육활동 참여 시간과 환경 개선을 위한 정책들이 확대되고 있다[13]. 하지만 이와 같은 노력에도 불구하고 다양한 원인에 의해 한국 청소년 94%가 WHO가 권장하는 매일 평균 60분 정도의 중간 정도 이상의 신체활동 기준에 미치지 못하고 있으며[14], COVID-19의 전례 없는 상황 속에서 학교 폐쇄가 장기간 지속되고 있어 청소년들의 체력과 신체적 변화에 부정적인 영향을 줄 수 있다고 생각된다.

따라서 이 연구의 목적은 COVID-19로 인한 비대면 수업이 중학생의 건강관련체력과 균형감각에 미치는 영향을 분석하여 청소년들의 체력 유지 및 향상을 위한 비대면 수업 방법 및 교육정책을 수립하는데 필요한 기초자료를 제공하는 데 있다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

연구대상자는 C지역에 소재한 중학교 3학년에 재학중인 32명(여학생 16명, 남학생 16명)이며, 2020년 9월부터 12월까지 학교에 출석하지 않고 정규수업과정을 온라인 비대면 수업으로 참여한 대상자를 선정하였다. C지역의 교육청을 통해 참여를 희망하는 학교를 선정하였으며, 실험에 참여를 원하는 학생과 법적 보호자에게 연구의 목적과 내용을 충분히 설명하고 참가 동의서에 서명을 받았다. 연구대상자의 수와 산출근거를 계산하기 위해 G·POWER 3.1.9.4를 이용하여, 검정력 .85, 효과크기 .55, 유의수준 .05을 설정한 결과, 26명의 연구대상자 요구된다. 따라서 탈락률 20%를 고려하여 총 32명의 연구대상자를 모집하였다. 연구대상자 중 3명(여학생 2명, 남학생 1명)은 개인의 사정으로 인해 중도 탈락하여 총 29명(여학생 14명, 남학생 15명)의 연구대상자가 실험에 참여하였다. 연구대상자의 신체적 특성은 Table 1에 제시한 바와 같다.

### 2. 연구 절차

연구대상자는 신체구성, 근력, 근지구력, 유연성, 심폐지구력 및 균형감각(정적, 동적)을 사전과 12주 후에 각각 측정하였으며, COVID-19 상황을 고려(사회적 거리 두기 2단계)하여 연구대상자의 이동 동선의 최소화, 측정 장소의 선호도 및 개인별 측정 시간을 고려하여 연구대상자의 집 또는 개별 측정 전용 장소에서 실시하였다. 책임연구자는 측정에 참여한 모든 대상자들의 체온 측정과 마스크 착용을 확인하였으며, 측정 중간 마스크를 내리거나 벗지 않도록 교육하였다. 건강관련체력과 균형감각을 측정하기 전 연구책임자 및 보조자는 발열검사와 마스크 착용 및 방역을 실시하였으며, 실험에 필요한 최소 인원인 연구책임자 1명과 연구보조자 1명이 모든 변인을 측정하였다. 체력은 신체구성(생체전기저항측정법: bio-electrical impedance analysis, BIA), 근력(도수근력검사), 근지구력(윗몸일으키기), 유연성(윗몸 앞으로 굽히기), 심폐지구력(하버드 스텝) 및 균형감각(정적: 눈감고 외발서기, 동적: Y-Balance test, YBT)을 사전과 12주 후에 각각 측정하였다. 연구절차는 Table 2에 제시한 바와 같다.

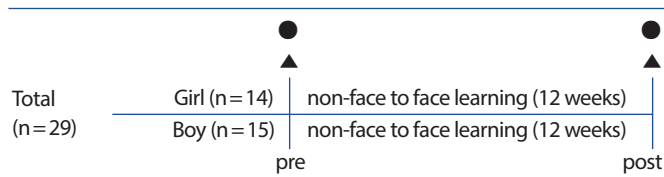
**Table 1.** Physical characteristics of the subjects

	Age (yr)	Height (m)	Weight (kg)
Total (n=29)	15.89±.30	1.65±.07	65.58±15.36
GG (n=14)	15.92±.26	1.61±.05	65.90±14.95
BG (n=15)	15.86±.35	1.69±.07	65.29±16.25

Values are means ± SD.

GG, girl group; BG, boy group.

**Table 2.** Schematic diagram of study process



●, Health-related physical fitness: body composition, muscle strength, muscle endurance, flexibility, cardiac endurance; ▲, Balance: static balance, dynamic balance.

### 3. 측정 항목

신체구성을 제외한 모든 측정은 각각 2회씩 측정하였으며, 측정 값 중에 가장 높은 값을 사용하였다. 모든 대상자는 측정항목 사이에 5분간 휴식을 부여하였으며, 측정 실패 시 3분간의 휴식을 부여한 후 재 측정하였다.

#### 1) 건강관련체력

연구대상자의 신체구성은 BIA방법을 이용하여 체질량지수(body mass index, BMI), 체지방률(% body fat) 및 근육량(muscle mass)을 측정하였다(InBody370, InBody CO., LTD, Korea). 근력측정은 COVID-19에 따른 좌식 생활의 증가가 엉덩관절과 무릎관절의 굽힘과 폼 근력 변화에 영향을 미칠 수 있다는 선행연구를 바탕으로 엉덩관절과 무릎관절의 굽힘과 폼 근력을 측정변인으로 선정하였다[15,16]. 엉덩관절 굽힘과 폼 근력의 측정은 측정 전용 베드에 앉은 자세와 앞드려 누운 자세로 각각 측정하였으며, 무릎관절에 가까운 대퇴의 앞쪽과 뒤쪽 부위에 도수근력검사기를 위치 시킨 후 측정하였다. 무릎관절 굽힘과 폼 근력의 측정은 측정 전용 베드에 앉은 자세에서 각각 측정하였으며, 발목관절에 가까운 정강이 부위의 앞쪽과 뒤쪽 부위에 도수근력검사기를 위치 시킨 후 측정하였다. 측정 위치는 대상자의 위치 변화를 최소화 하고 검사의 타당성을 높이기 위해 선택하였다. 근력은 각 부위별 2초간 발생된 등척성 최대 힘을 도수근력검사기(Lafayette Instrument Company, Lafayette, IN, US)로 측정하였으며, 측정된 최대 힘을 대상자의 체중으로 나눈 상대 근력 값(N·m/kg)을 채택하였다[17]. 근지구력은 윗몸일으키기를 이용하여 측정하였으며, 30초간 수행한 횟수를 기록하였다. 측정 중 팔꿈치가 무릎에 닿지 않거나, 등이 매트에 닿지 않을 경우 수행한 횟수에서 제외하였다[18]. 유연성은 좌전굴계(T.K.K. 5103, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 측정은 0.1 cm 단위로 기록하였다. 심폐지구력은 하버드 스텝 검사 방법을 이용하였다. 하버드 스텝검사는 45.7 cm의 스텝 박스를 사용하여 분당 24회 속도로 3분간 오르내리기를 수행하였으며, 검사가 종료되면 의자에 앉아 휴식을 취하게 한 후에 1분, 2분, 3분의 심박수를 각각 측정하였다. 측정 중간에 호흡 곤란 등 측정 중지 의사를 보이는 연구대상자가 있을 경우 측

정을 중지하였으며, 중지한 시간을 기록하고 동일한 방법으로 심박수를 측정하였다. 심박수 측정을 위해 휴대용 심박수 측정기(Polar Electro, Technogym, Finland)를 사용하였으며, 측정된 심박수를 이용하여 신체효율지수(physical efficiency index, PEI)를 산출하였다[19].

$$\text{신체효율지수(PEI)} = (\text{총 운동시간(초)} / 3 \times \text{맥박수의 총합}) \times 100$$

#### 2) 균형감각

정적 균형감각은 눈감고 외발서기 방법을 이용하였으며, 초시계를 이용하여 0.1초 단위로 기록하였다. 눈감고 외발서기는 양손을 어깨와 평행하게 위치시키고, 한쪽 무릎을 지면과 수평이 되도록 구부린 다음 측정하였다. 측정 중 지지하고 있는 주측 발이 지면에서 떨어지고 비주측발을 내릴 경우에는 검사를 중지하였다[20]. 동적 균형감각은 YBT를 이용하였다. 대상자는 신발을 벗고 측정하였으며, 측정 중 처음 시작 자세로 돌아오지 못하고, 발이 땅에 닿거나 골반 위의 손이 떨어지는 경우에는 3분 휴식 후 재 측정하였다. 실시 방법은 대상자의 주측발로 균형을 유지하면서 비 주측발이 앞쪽, 후외측, 후내측 3방향으로 플랫폼을 보낸 값을 합산하여 종합점수(composite score) 산출하였다. 하지길이는 주측발의 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine)부터 안쪽복사(medial malleolus)까지 길이를 측정하였다[21].

$$\text{종합점수 (composite score)} = [(\text{전방} + \text{후방내측} + \text{후방외측 도달거리}) / (3 \times \text{하지길이})] \times 100$$

### 4. 자료 처리

이 연구의 자료 처리는 SPSS 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 기술 통계치(Means ± SD)를 산출하였다. 모든 변인의 정규성 분포를 확인하기 위해 Shapiro-Wilk을 실시하였다. 비대면 수업이 중학생의 건강관련체력과 균형감각에 미치는 영향을 규명하기 위해 대응 표본 T 검정(paired samples T-Test)을 실시하였으며, 성별에 따른 집단간 차이 검증은 사전검사 측정값을 공변인으로 하여 사후검사 측정값을 서로 비교하는 공분산분석(analysis of covariance, ANCOVA)을 실시하였다. 모든 자료의 유의 수준은 α=.05로 설정하였다.

## 연구 결과

### 1. 비대면 수업에 따른 건강관련체력 및 균형감각의 변화

비대면 수업 전과 수업 후의 건강관련체력 및 균형감각의 변화는 Table 3에 제시한 바와 같다. 체지방률(p=.008)은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났다. 하지만 BMI와 근육량은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 엉덩관절 굽힘(p=.002), 폼(p=.001) 및 무릎관절 굴곡(p=.036), 폼(p=.034) 근력과 YBT (p=.013)는 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났다. 하지만 근지구력, 유연성 및 심폐지구력은 사

**Table 3.** Changes in health-related physical fitness and balance according to non-face to face learning

Variable	pre	post	t	p
<b>Body composition</b>				
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.91 ± 5.45	24.15 ± 5.40	-1.436	.162
Body fat (%)	28.25 ± 11.18	29.08 ± 10.43	-2.856	.008**
Muscle mass (kg)	25.34 ± 5.21	25.46 ± 5.11	-.888	.382
<b>Muscle strength</b>				
Hip flexion (N·m/kg)	0.17 ± 0.04	0.15 ± 0.04	3.331	.002**
Hip extension (N·m/kg)	0.21 ± 0.07	0.18 ± 0.07	3.921	.001**
Knee flexion (N·m/kg)	0.20 ± 0.05	0.19 ± 0.06	2.205	.036*
Knee extension (N·m/kg)	0.23 ± 0.10	0.22 ± 0.09	2.230	.034*
<b>Muscle endurance</b>				
Sit-up (rep)	15.10 ± 5.17	15.13 ± 4.96	-.069	.945
<b>Flexibility</b>				
Sit and reach (cm)	7.56 ± 9.40	7.02 ± 8.97	1.967	.059
<b>Cardiorespiratory endurance</b>				
Harvard step	46.06 ± 9.85	44.71 ± 8.21	.771	.447
<b>Balance</b>				
<b>Static</b>				
One leg with eyes close (sec)	10.68 ± 7.17	10.30 ± 5.55	.467	.644
<b>Dynamic</b>				
Y-Balance test composite (%)	122.78 ± 11.43	119.68 ± 13.13	2.660	.013*

Values are means ± SD.

\**p* < .05, \*\**p* < .01.

전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

## 2. 성별에 따른 건강관련체력 및 균형감각의 변화

비대면 수업에 따른 여학생과 남학생 각각의 건강관련체력 및 균형 감각의 사전, 사후 시기간 변화(paired sample t-test)와 여학생과 남학생 집단 간 차이 변화(ANCOVA)를 비교한 결과는 Table 4에 제시한 바와 같다. 체지방률은 여학생 집단(*p* = 0.31)에서 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났지만, 남학생 집단은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 여학생 집단의 엉덩관절 굽힘(*p* = .017) 및 폼(*p* = .009)과 남학생 집단의 엉덩관절 폼(*p* = .015)근력은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났다. 집단 간의 차이는 엉덩관절 폼(*p* = .015)과 무릎관절 폼(*p* = 0.41)에서 유의한 차이가 나타났지만 엉덩관절 굽힘과 폼에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 심폐지구력은 여학생과 남학생 집단에서 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 집단 간 (*p* = .049)에는 유의한 차이가 나타났다. YBT는 여학생 집단(*p* = .048)에서 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났지만, 남학생의 사전과 사후 및 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

## 논 의

이 연구에서는 중학교 학생들을 대상으로 비대면 수업이 건강관련

체력과 균형감각에 미치는 영향을 분석한 결과, 체지방률은 비대면 수업 전과 비교해서 12주 후에 유의하게 증가하였으며, 엉덩관절 굽힘 및 폼 근력, 무릎관절 굽힘 및 폼 근력, YBT는 감소하는 것으로 나타났다. 여학생 집단의 체지방률은 사전에 비해 사후에 유의하게 증가하였으며, 엉덩관절 굽힘 및 폼 근력, YBT는 사전에 비해 사후에 유의하게 감소하였다. 남학생 집단은 엉덩관절 폼 근력이 사전에 비해 사후에 유의하게 감소하였다. 또한 여학생 집단은 남학생 집단에 비해 엉덩관절과 무릎관절의 폼 근력 및 심폐지구력이 유의하게 감소하였다. 따라서 이 연구에서 비대면 수업은 중학생의 건강관련체력과 균형감각에 부정적인 영향을 미치고 있으며, 여학생은 남학생에 비해 근력과 심폐지구력이 유의하게 감소하는 것으로 나타났다.

신체구성은 신체활동의 유형과 빈도, 기간, 강도에 관련성이 높으며, 신체활동과 좌식행동의 감소는 에너지 소비를 낮추고 체지방량의 증가를 초래할 수 있다[22]. 특히 학교는 청소년의 대부분의 시간을 보내는 장소이며, 청소년들의 신체활동을 촉진하는 근본적인 환경을 제공하기 때문에 외부요인에 의한 생활 변화와 체육수업 및 스포츠클럽활동의 제한은 신체활동을 감소시키고 체지방량을 증가시킬 가능성이 있다[11]. 또한 신체활동 유무는 청소년들의 체중, BMI 및 체지방률에 유의하게 영향을 미치며, 비 신체활동은 청소년들의 성장과 비만과 같은 건강 예측 인자에 부정적인 영향을 미친다[23]. 이 연구에서 체지방률은 비대면 수업 전보다 수업 후에 유의하게 증가한 것으로 나타났으



**Table 4.** Changes in health-related physical fitness and balance according to gender

Variable	Group	Pre	Post	T-test		ANCOVA	
				t	p	F	p
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Girl	25.30±5.38	25.70±5.48	-1.387	.177	1.385	.250
	Boy	22.61±5.37	22.70±5.07	-.492	.630		
Body fat (%)	Girl	36.18±6.90	37.44±7.06	-2.420	.031*	2.327	.139
	Boy	20.85±9.18	21.28±8.95	-1.650	.121		
Muscle mass (kg)	Girl	22.31±3.15	22.47±2.91	-.705	.493	.216	.646
	Boy	28.16±5.24	28.26±5.21	-.519	.612		
Hip flexion (N·m/kg)	Girl	0.15±0.04	0.13±0.04	2.75	.017*	2.882	.100
	Boy	0.18±0.04	0.17±0.04	1.957	.710		
Hip extension (N·m/kg)	Girl	0.18±0.08	0.15±0.07	3.071	.009**	6.714	.015*
	Boy	0.23±0.06	0.21±0.05	2.762	.015*		
Knee flexion (N·m/kg)	Girl	0.17±0.05	0.16±0.05	1.937	.075	1.757	.063
	Boy	0.22±0.05	0.22±0.05	1.082	.298		
Knee extension (N·m/kg)	Girl	0.21±0.09	0.20±0.08	2.216	.053	4.617	.041*
	Boy	0.25±0.11	0.25±0.10	.910	.378		
Sit-up (rep)	Girl	11.35±4.48	11.71±3.72	-.408	.690	.864	.361
	Boy	18.60±2.77	18.33±3.71	.503	.623		
Sit and reach (cm)	Girl	8.27±10.17	7.62±10.15	1.883	.082	.068	.796
	Boy	6.89±8.93	6.46±8.03	1.010	.330		
Harvard step	Girl	43.06±12.54	41.05±9.68	1.190	.255	4.251	.049*
	Boy	48.86±5.53	48.13±4.70	1.717	.397		
One leg with eyes close (sec)	Girl	10.70±7.31	9.93±5.50	.490	.632	.306	.585
	Boy	10.67±7.29	10.64±5.76	.041	.968		
Y-Balance test composite (%)	Girl	124.05±13.17	119.32±15.46	2.182	.048*	2.181	.152
	Boy	121.60±9.86	120.02±11.08	1.728	.106		

Values are means ± SD.

\*p < .05, \*\*p < .01.

며, COVID-19에 따른 청소년들의 체육수업 및 스포츠클럽활동 참여 제한 등이 비 신체활동을 증가시켜 체지방률 변화에 영향을 미쳤을 것이라고 생각된다.

Timpka et al. [24]은 청소년기의 높은 등척성 근력 수준이 성인기의 심폐질환 위험을 감소시키며, 근력이 증가할수록 올바른 자세 유지, 근·골격계 질환 예방 및 신체 수행력을 강화시킨다고 보고하였다[25]. García-Hermoso et al. [26]은 청소년들의 근력 수준이 학업성취에 부정적인 영향을 미치는 비만도를 상쇄시키며, 행동통제, 자신감 및 자아 존중감에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다[27]. 이 연구에서 근력은 비대면 수업 전보다 수업 후에 유의하게 감소하였으며, 근력을 제외한 체력 요인들도 감소하는 경향성이 나타났다. Chulvi-Medrano et al. [7]은 COVID-19가 청소년의 활발한 신체활동에 부정적으로 영향을 미치며, 비 신체활동의 증가는 신체적 및 심리적 문제를 일으킬 수 있다고 보고하였다. 따라서 이 연구에서 청소년들의 근력이 감소한 것은 사회적 거리두기 및 비대면 수업 등으로 인한 신체활동의 감소가 주된 원인이라고 생각하며[6,7], COVID-19 팬데믹 현상이 장기화될 경우 근력 감소의 가속화는 물론 청소년들의 전반적인 체력 감소, 근

골격계 및 심리적 건강에 악영향을 미칠 수 있다고 판단된다. 하지만 장기간의 걸친 COVID-19의 부정적인 영향은 가능성에 근거한 예측이고, 심리적인 부분은 이 연구에 포함되지 않아 향후 연구에서는 청소년들의 신체활동 정도와 기간 및 심리적 요인들을 포함한 후속 연구들을 통해 COVID-19 팬데믹에 의한 청소년들의 신체적 및 심리적 변화들을 분석하고, 효율적으로 대처하기 위한 교육정책 개입이 무엇인지 면밀하게 검토할 필요가 있다고 생각된다.

균형감각은 활동적인 일상생활과 독립적인 활동에 필요한 신체 능력으로 유아기와 청소년기에 증가되지만 신체활동량이 부족할 경우에는 건강관련체력 및 균형감각이 감소되고 건강상의 문제를 일으킬 수 있다[28,29]. YBT는 운동손상위험의 식별과 자세제어 및 움직임의 능력을 평가하는 동적 균형검사 방법이며, 하지 근력, 가동성(mobility) 및 협응력 등 신체수행력이 요구되기 때문에 청소년들의 신체적 결함을 평가하는데 적합하다[30]. 특히 Linek et al. [31]의 연구에 의하면, 청소년 축구선수들의 엉덩관절 주변의 부상 및 기능 약화가 YBT 감소에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 엉덩관절 펌과 무릎관절 굽힘 및 엉덩관절의 등척성 근력은 YBT와 관련성이 있는 것으로 보고하고 있

어 엉덩관절과 무릎 관절의 근력 수준이 YBT에 영향을 미친다고 생각된다[32,33]. 이 연구에서 YBT는 비대면 수업 전보다 수업 후에 유의하게 감소하였으며, 청소년들의 엉덩관절 근력의 변화가 YBT 감소에 영향을 미쳤을 것이라고 생각된다. 하지만 대조군이 없는 단일집단 연구의 특성상 실험 결과를 일반화하여 적용하기에 한계점이 있으므로 추후 대조군 설계를 통해 검증할 필요가 있다.

한편 여학생은 남학생에 비해 신체활동에 참여하는 시간이 부족하며, 높은 수준의 신체활동에 참여하는 남학생 및 체지방 수준과 좌식 생활 패턴이 상대적으로 높은 여학생의 특징들은 성별에 따른 체력 수준의 차이를 만드는 주된 원인이다[34]. Welk et al. [35]은 2,062명의 청소년을 대상으로 성별에 따른 체력수준을 비교한 결과, 체지방률, 근력 및 심폐지구력 등의 점수에 따른 건강 성취도(healthy fitness zone)는 남학생이 여학생보다 높은 것으로 나타났으며, 한국 청소년 14,794명의 체력수준을 성별로 비교한 연구에서도 남학생은 여학생에 비해 체력수준이 전반적으로 높은 것으로 보고하였다[36]. 비교적 짧은 기간의 운동중지(4주)에도 청소년들의 근력이 감소되었으며[37], 심폐지구력, 체지방률, 동맥압(arterial pressure), HDL 콜레스테롤 및 중성지방 수준에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다[38]. 이 연구에서 여학생은 체지방, 엉덩관절의 굽힘 및 폼 근력, YBT에서, 남학생은 엉덩관절 굽힘 근력이 비대면 수업 전보다 유의하게 차이가 나타났다.

특히 남학생과 여학생의 사전 값과 사후 값의 변화량을 분석하기 위해 종속변수에 영향을 줄 수 있는 사전 값을 통제하여 공변량 분석을 실시한 결과, 엉덩관절 및 무릎관절 폼 근력과 심폐지구력은 비대면 수업 전 보다 수업 후에 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. Moliner-Urdiales et al. [39]은 청소년 363명을 대상으로 근력, 심폐지구력 및 체지방과의 관련성을 분석한 결과, 근력과 심폐지구력 수준이 낮은 청소년들은 체지방이 높은 것으로 나타났으며, 나이가 증가함에 따라 남학생은 체력 수준이 높아지는 반면에, 여학생은 그 수준을 유지하는 것으로 보고하였다[40]. 또한 Bonney et al. [41]은 여학생 151명을 대상으로 신체질량지수, 심폐지구력 및 등척성 근력의 관련성을 분석한 결과, 여학생의 신체질량지수의 증가는 심폐지구력과 근력의 감소와 관련이 있다고 보고하면서 여학생들이 근력과 심폐지구력 수준을 강화시킬 수 있도록 체육수업에 참여할 수 있는 환경과 동기부여의 중요성을 강조하였다. 게다가 Kang et al. [42]은 COVID-19 팬데믹 기간에 남학생은 여학생보다 신체활동 참여시간과 강도가 높았으며, 여학생은 남학생보다 좌식생활 시간이 높은 것으로 보고하였다. 결과적으로 이 연구에서는 비대면 수업이 남학생에 비해 여학생의 체지방률, 근력 및 심폐지구력에 부정적인 영향을 미친다는 사실을 확인하였으며, 비대면 수업을 포함한 COVID-19 팬데믹 상황이 남학생 비해 여학생의 신체 활동과 좌식생활 수준을 더 변화시켰을 가능성이 있어 체지방 증가와 근력 및 심폐지구력 감소에 영향을 미쳤을 것이라 생각된다. 그

러나 청소년들의 좌식생활에 따른 신체활동량을 직접 측정하여 비교하지 않아 추후 연구에서 비대면 수업과 성별에 따른 신체활동량의 변화를 구체적으로 검토할 필요가 있다고 판단된다.

## 결론

청소년의 체지방률은 비대면 수업 전과 비교해서 수업 후에 유의하게 증가하였으며, 엉덩관절 굽힘 및 폼 근력, 무릎관절 굴곡 및 폼, YBT는 비대면 수업 전과 비교해서 수업 후에 유의하게 감소하였다. 여학생 집단의 체지방률은 사전에 비해 사후에 유의하게 증가하였으며, 엉덩관절 굽힘 및 폼 근력, YBT는 사전에 비해 사후에 유의하게 감소하였다. 남학생 집단은 엉덩관절 폼 근력이 사전에 비해 사후에 유의하게 감소하였다. 또한 엉덩관절 및 무릎관절의 폼 근력과 심폐지구력은 남학생 집단보다 여학생 집단에서 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 이 연구에서는 COVID-19에 따른 비대면 수업이 중학생들의 건강관련체력과 균형감각에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있으며, 특히 남학생보다 여학생의 근력과 심폐지구력의 감소 현상이 뚜렷하게 나타난다는 사실을 확인하였다. 추후 연구에서는 비대면 수업의 장기 간 개입, 신체활동의 정도, 온라인 체육수업 방법 및 심리적 요인 등 장기간 지속되고 있는 COVID-19 팬데믹의 파급효과를 면밀하게 검토하여 향후 다가올 제2의 COVID-19에 대비할 필요가 있다고 판단된다.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors have no conflicts of interest relevant to this study.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: KJ Lee, KW Seo, KO An; Data curation: KJ Lee, KW Seo; Formal analysis; Funding acquisition; Methodology; Project administration; Visualization: KJ Lee, KO An; Writing-original draft: KJ Lee; Writing-review & editing: KO An.

## ORCID

Kwang-Jin Lee	<a href="http://orcid.org/0000-0002-5065-2424">http://orcid.org/0000-0002-5065-2424</a>
Kyong-won Seo	<a href="http://orcid.org/0000-0002-8855-2170">http://orcid.org/0000-0002-8855-2170</a>
Keun-Ok An	<a href="http://orcid.org/0000-0001-6792-3617">http://orcid.org/0000-0001-6792-3617</a>

## REFERENCES

1. WHO. Novel coronavirus (2019-nCoV). 2020. Retrieved from [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf?sfvrsn=20a99c10\\_4](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf?sfvrsn=20a99c10_4).
2. Couzin-Frankel J, Vogel G, Weiland M. School openings across globe suggest ways to keep coronavirus at bay, despite outbreaks. *Science*. 2020;369:241-5.
3. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). (cited by 2021 Feb 10). Available from: <http://ncov.mohw.go.kr>
4. Ministry of education, Press release, 2020 February 23; Retrieved from <https://www.moe.go.kr/boardCnts/view.do?boardID=294&lev=0&statusYN=W&s=moe&m=0204&opType=N&boardSeq=79829>.
5. Bates LC, Zieff G, Stanford K, Moore JB, Kerr ZY et al. COVID-19 impact on behaviors across the 24-hour day in children and adolescents: physical activity, sedentary behavior, and sleep. *Children*. 2020; 7(9):138.
6. Yu J, Jee Y. Analysis of online classes in physical education during the COVID-19 Pandemic. *Sci Educ*. 2021;11(1):3.
7. Chulvi-Medrano I, Villa-González E, Rebullido TR, Faigenbaum AD. The impact of COVID-19 quarantine on youth: from physical inactivity to pediatric depreobesity. *JMH*. 2021;18(1):1-4.
8. Stenevi-Lundgren S, Daly RM, Karlsson MK. A school-based exercise intervention program increases muscle strength in prepubertal boys. *Int J Pediatr*. 2010;105(4):1-9.
9. Twig G, Yaniv G, Levine H, Leiba A, Goldberger N, et al. Body-mass index in 2.3 million adolescents and cardiovascular death in adulthood. *N Engl J Med*. 2016;374(25):2430-40.
10. Galan-Lopez P, Sánchez-Oliver AJ, Ries F, González-Jurado JA. Mediterranean diet, physical fitness and body composition in sevilian adolescents: a healthy lifestyle. *Nutrients*. 2019;11(9):2009.
11. Kirby J, Levin KA, Inchley J. Associations between the school environment and adolescent girls' physical activity. *Health Educ Res*. 2012;27(1):101-14.
12. Jo SJ, Kim HJ. Evaluation of physical activity on school environment in middle school. *KSME*. 2013;15(3):55-65.
13. Ministry of education. Basic Plan for the Promotion of School Physical Education in 2019.2018.
14. WHO. New WHO-led study says majority of adolescents worldwide are not sufficiently physically active, putting their current and future health at risk. 2019. Retrieved from <https://www.who.int/news/item/22-11-2019-new-who-led-study-says-majority-of-adolescents-worldwide-are-not-sufficiently-physically-active-putting-their-current-and-future-health-at-risk>.
15. Boukabache A, Preece SJ & Brookes N. Prolonged sitting and physical inactivity are associated with limited hip extension: a cross-sectional study. *Musculoskelet Sci Pract*. 2021;51:102282.
16. Fatima G, Qamar MM, Hassan JU, Basharat A. Extended sitting can cause hamstring tightness. *Saudi J Sports Med*. 2017;17(2):110.
17. Hébert LJ, Maltais DB, Lepage C, Saulnier J, Crête M. Hand-held dynamometry isometric torque reference values for children and adolescents. *Pediatr Phys Ther*. 2015;27(4):414-23.
18. An NY, Kim KJ. Gender differences of body composition, physical fitness and blood lipid profiles following to skeletal age deviation in juvenile subjects. *JCD*. 2015;17(2):83-90.
19. Kim IK. Difference analysis on the evaluation criterion by patters for cardiorespiratory endurance of physical activity promotion system (PAPS). *Korean J Sport Sci*. 2011;20(3):1563-72.
20. Seo SW, Lee HS. Effects of complex physical training on exercise and football performances in youth football players. *Korean J Sport Sci*. 2018;29(1):49-62.
21. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, et al. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther*. 2009;4(2):92-9.
22. Vaara JP, Vasankari T, Wyss T, Pihlainen K, Ojanen T, et al. Device-based measures of sedentary time and physical activity are associated with physical fitness and body fat content. *Front Sports Act Living*. 2020;2.
23. Cho M, Kim JY. Changes in physical fitness and body composition according to the physical activities of Korean adolescents. *J Exerc Rehabil*. 2017;13(5):568.
24. Timpka S, Petersson IF, Zhou C, Englund M. Muscle strength in adolescent men and risk of cardiovascular disease events and mortality in middle age: a prospective cohort study. *BMC Medicine*. 2014;12(1):1-8.
25. McDonald M, Salisbury H. Physical activity, exercise, and musculoskeletal disorders in sonographers. *J Diagn Med Sonogr*. 2019;35(4): 305-15.
26. García-Hermoso A, Esteban-Cornejo I, Olloquequi J, Ramírez-Vélez R. Cardiorespiratory fitness and muscular strength as mediators of the influence of fatness on academic achievement. *J Pediatr*. 2017;187: 127-33.

27. Schranz N, Tomkinson G, Olds T. What is the effect of resistance training on the strength, body composition and psychosocial status of overweight and obese children and adolescents? a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2013;43(9):893-907.
28. Kim WK, Kwon YC. The effect of taekwondo training on physical fitness and growth hormone, IGF-1 or DHEAs concentration in obesity adolescent. *Korean J Sport Sci.* 2009;18(3):1007-18.
29. Pancar Z, Bozdal Ö, Biçer M, Akcan F. Acute effect of anaerobic exercise on dynamic balance of sedentary young boys. *Eur J Sport Sci.* 2017;3(12):230.
30. Kang MH, Kim GM, Kwon OY, Weon JH, Oh JS, et al. Relationship between the kinematics of the trunk and lower extremity and performance on the Y-balance test. *PM&R.* 2015;7(11):1152-8.
31. Linek P, Booyesen N, Sikora D, Stokes M. Functional movement screen and Y balance tests in adolescent footballers with hip/groin symptoms. *Phys Ther Sport.* 2019;39:99-106.
32. Alhusaini AA, Alnahdi AH, Melam G, Aldali AZ, Al-Mutairi MS, et al. Normative values of Y balance test and isometric muscle strength among saudi school children. *Phys. Medizin Rehabilitationsmedizin Kurortmedizin.* 2017;27(03):164-70.
33. Ambegaonkar JP, Mettinger LM, Caswell SV, Burt A, Cortes N. Relationships between core endurance, hip strength, and balance in collegiate female athletes. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(5):604.
34. Marta CC, Marinho DA, Barbosa TM, Izquierdo M, Marques MC, et al. Physical fitness differences between prepubescent boys and girls. *J Strength Cond Res.* 2012;26(7):1756-66.
35. Welk GJ, Saint-Maurice PE, Csányi T. Health-related physical fitness in hungarian youth: age, sex, and regional profiles. *Res Q Exerc Sport.* 2015;86(1):S45-57.
36. Lee S, Ko BG, Park S. Physical fitness levels in korean adolescents: the national fitness award project. *J Obes Metab Syndr.* 2017;26(1):61-70.
37. Chaouachi A, Othman AB, Makhoulouf I, Young JD, Granacher U, et al. Global training effects of trained and untrained muscles with youth can be maintained during 4 weeks of detraining. *J Strength Cond Res.* 2019;33(10):2788-800.
38. Nolan PB, Keeling SM, Robitaille CA, Buchanan CA, Dalleck LC. The effect of detraining after a period of training on cardiometabolic health in previously sedentary individuals. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(10):2303-14.
39. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Vicente-Rodriguez G, Ortega FB, Rey-Lopez JP, et al. Associations of muscular and cardiorespiratory fitness with total and central body fat in adolescents: the HELENA study. *Br J Sports Med.* 2011;45(2):101-8.
40. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, España-Romero V, Jiménez-Pavón D, et al. Physical fitness levels among european adolescents: the HELENA study. *Br J Sports Med.* 2011;45(1):20-9.
41. Bonney E, Ferguson G, Smits-Engelsman B. Relationship between body mass index, cardiorespiratory and musculoskeletal fitness among South African adolescent girls. *Int J Environ Res Public Health.* 2018; 15(6):1087.
42. Kang S, Sun Y, Zhang X, Sun F, Wang B, et al. Is physical activity associated with mental health among chinese adolescents during isolation in COVID-19 Pandemic?. *JEGH.* 2020;10(1):22-38.